

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
11 DE 40 15 196 A 1

21 Aktenzeichen: P 40 15 196.4
22 Anmeldetag: 11. 5. 90
43 Offenlegungstag: 15. 11. 90

51 Int. Cl. 5:
B30B 15/02
B 23 Q 3/00
B 23 P 19/04
B 21 D 26/00
B 26 D 5/00

DE 40 15 196 A 1

30 Unionspriorität: 32 33 31
12.05.89 JP 117493/89 12.05.89 JP 117494/89
04.09.89 JP 227451/89

71 Anmelder:
Fuji Electric Co., Ltd., Kawasaki, Kanagawa, JP

74 Vertreter:
Kramer, R., Dipl.-Ing.; Weser, W., Dipl.-Phys.
Dr.rer.nat.; Hoffmann, E., Dipl.-Ing., 8000 München;
Blumbach, P., Dipl.-Ing.; Zwirner, G., Dipl.-Ing.
Dipl.-Wirtsch.-Ing., Pat.-Anwälte, 6200 Wiesbaden

72 Erfinder:
Wada, Tatuya, Kumagaya, Saitama, JP; Hikita,
Hiroshi, Gyouda, Saitama, JP; Machida, Nobutaka;
Nonami, Mituharu, Saitama, JP; Kawamura,
Yukinori, Yokosuka, Kanagawa, JP; Matumoto,
Norikatu, Yokosuka, JP; Ohmura, Yoshiyuki,
Kumagaya, Saitama, JP; Nomoto, Tetuo, Hachiohji,
Tokio/Tokyo, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Presse mit piezoelektrischem Element und Pressenaktuator

In einem Gestell (8) befindet sich ein Preßwerkzeug (25, 26), das zum Einklemmen eines Verarbeitungsguts (24) von Aktuatoren (29) mit jeweils einem piezoelektrischen Element geschlossen wird. Oben und unten an dem Gestell sind jeweils als selbständige Einheiten ausgebildete Aktuatoren (100) angeordnet, die jeweils ein piezoelektrisches Element (4) und ein daran anliegendes bewegliches Teil (5) in definierter Lage enthalten. Durch das jeweilige bewegliche Teil (5) werden Stempel (12, 27) betätigt, wenn die damit gekoppelten Aktuatoren mit Spannungsimpulsen angesteuert werden.

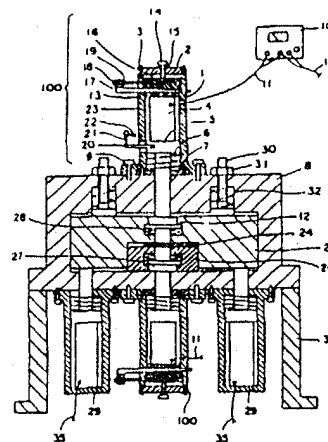


FIG. 1

DE 40 15 196 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Presse mit piezoelektrischem Element und einen Pressenaktuator in einer Presse.

Bei herkömmlichen Pressen macht man im allgemeinen Gebrauch von einem Gesenkschließ-, Keiltyp- oder Kipp-Mechanismus, um das Gesenk zu Öffnen und zu Schließen, wobei der Schließmechanismus von einem Hydraulikzylinder oder einem pneumatischen Zylinder angetrieben und betätigt wird.

Außerdem werden in Spezialbauteil-Montagemaschinen und in Montagelehren im allgemeinen Hydraulikzylinder oder Luftzylinder als Aktuatoren verwendet, um in die Lehre eingebrachte Teile zu fixieren.

Die Anmelderin hat eine Presse vorgeschlagen (vgl. Fig. 14 und 15), welche so aufgebaut ist, daß in einem zylindrischen Gehäuse 81 ein piezoelektrisches Element 82 so angeordnet ist, daß die Kante des piezoelektrischen Elements 82 direkt mit der Rückseite einer Stanze 83 für eine Presse gekoppelt ist, wobei die Stanze durch Schwingungen des piezoelektrischen Elements 82 angetrieben wird. Dabei empfängt das piezoelektrische Element wiederholte Impulsspannungen von einer Spannungsquelle 87, um so das Bearbeitungsgut zu stanzen, während es in einer Form oder einem Gesenk 85 gehalten wird. Zwischen dem zylindrischen Gehäuse 81 und einem in Reihe mit dem geschichteten piezoelektrischen Element 82 angeordneten beweglichen Element 83 ist eine Schraubenfeder 84 eingefügt. Die Schraubenfeder 84 bringt das versetzte bewegliche Teil 83 in die Ausgangslage zurück und beaufschlagt das geschichtete piezoelektrische Element 82 außerdem mit einer konstanten Druckspannung. Der Grund dafür, daß die konstante Druckspannung auf das als Schichtelement ausgebildete piezoelektrische Element 82 aufgebracht wird, besteht darin, daß das geschichtete piezoelektrische Element 82 gegenüber Zugspannungen mechanisch schwach ist, da es schichtförmig aus einer Vielzahl piezoelektrischer Elemente aufgebaut ist, welche ihrerseits dünne Blätter darstellen. Deshalb ist die Aufbringung der Druckspannung für diese Art von Aktuatoren unerläßlich.

Bei dieser bereits vorgeschlagenen Vorrichtung, die als Aktuator das piezoelektrische Element 82 besitzt, lassen sich die Hübe (Versetzungen) der Stanze 83 bei gutem Ansprechverhalten (in der Größenordnung von μm) variabel steuern, indem von der Spannungsquelle 87 eine selektiv gesteuerte Spannung zugeführt wird, derzufolge eine Schlagschwingung mit hoher Geschwindigkeit auf das Bearbeitungsgut 86 einwirkt. Auf diese Weise werden an den Schnittflächen Brüche und Grate verhindert, und das Bearbeitungsgut läßt sich mit hoher Genauigkeit und glatter Schnittfläche abscheren und stanzen.

Die oben erläuterte herkömmliche Presse hat nicht nur einen komplizierten Gesenk-Schließmechanismus sondern ist auch mit dem Problem behaftet, daß es bei Verwendung elektrischer Signale zum Steuern der Presse Schwierigkeiten bereitet, die zeitlichen Zusammenhänge so miteinander in Einklang zu bringen, daß der Mechanismus des Hauptkörpers der Presse mit demjenigen des Gesenk-Schließmechanismus harmonisiert, weil letzterer durch einen Hydraulikzylinder oder einen Luftzylinder betätigt wird.

Außerdem gibt es bei der oben erläuterten Presse mit dem piezoelektrischen Element folgende Probleme:

1) Weil das Gesenk mit festem Abstreifer ausgebildet ist, kommt es zu Verwerfungen, während das Verarbeitungsgut gesichert wird. Weiterhin funktioniert ein Aktuator mit einem piezoelektrischen Element nur mit einer Druckkraft, während er bei Zugbeanspruchung bricht. Deshalb ist es nicht möglich, die Gesenkanordnung anzutreiben.

2) Da der Aufbau so ausgestaltet ist, daß ein Aktuator mit einem geschichteten piezoelektrischen Element direkt eine Stanze antreibt, so ist ein Entkleiden und Austauschen bei Beschädigung oder Verschleiß nur mit hohem Zeitaufwand möglich.

3) Da der Aktuator mit einem geschichteten piezoelektrischen Element direkt auf einem Gesenk montiert ist, muß der Aktuator an einem anderem Gesenk installiert werden, wenn Teile verschiedener Form hergestellt werden sollen.

4) Die Aktuatoren oder Gesenke mit einem piezoelektrischen Element benötigen eine Spezialvorrichtung zur Fixierung und Halterung.

5) Da der herkömmliche Aktuator mit dem piezoelektrischen Element nicht als unabhängige Einheit installiert ist, ist ein beträchtlicher Zeitaufwand notwendig, um den Aktuator und das bewegliche Teil auszutauschen.

6) Aufgrund der Isolierung zwischen dem Gehäuse und dem Aktuator in Form eines Luftraums besteht die Gefahr eines elektrischen Schlags, hervorgerufen durch einen Kurzschluß während des Betriebs.

7) Es war bislang nicht möglich, den Betriebshub des beweglichen Teils der Maschine zu messen.

8) Beim Einbau des geschichteten piezoelektrischen Elements und des beweglichen Teils in den Antriebsmechanismus wurde zwischen dem beweglichen Teil und dem die Bewegung aufnehmenden Ende des Antriebsmechanismus ein Raum geschaffen, bedingt durch unzureichende Verarbeitungsgenauigkeit. Als Folge davon war der Antriebsmechanismus nicht in der Lage, den gewünschten Betrieb mit Genauigkeit durchzuführen.

9) Da das Gehäuse für das piezoelektrische Element aus einem Material bestand, dessen thermischer Ausdehnungskoeffizient größer war als derjenige des piezoelektrischen Elements, waren Gehäuseschrumpfungen gegenüber der Anfangsgröße des Gehäuses Ursache für Fehlfunktionen.

10) Das Gehäuse für das piezoelektrische Element wurde durch eine hohe Ausgangslast verformt und war nicht mehr in der Lage, im unbelasteten Zustand den vollen Hub auszuführen.

11) Das bewegliche Teil in dem Aktuator, welches mit Eisenmaterial ausgeführt war, wurde bei hoher Ausgangslast komprimiert, wodurch sich die Hublänge verringerte.

12) Da bei dem herkömmlichen Aufbau das schichtförmig aufgebaute piezoelektrische Element eine Reihenanordnung war, bei dem das elastische Element (die Schraubenfeder 84) vorhanden war, die konstant eine Druckkraft auf das piezoelektrische Element ausübt, mußte die Länge des piezoelektrischen Aktuators größer sein als diejenige des geschichteten piezoelektrischen Elements, so daß die Kompaktheit des piezoelektrischen Aktuators beschränkt war.

Die vorliegende Erfindung wurde unter Berücksichtigung der oben aufgezeigten Probleme gemacht. Das erste Ziel der Erfindung ist es, einen fixierenden Aktua-

tor zu schaffen, der Materialien und Teile verwendet, die einen vereinfachten Aufbau zulassen, und den Aktuator in die Lage versetzen, mit dem Betrieb rasch auf elektrische Signale anzusprechen und den Betrieb in direktem zeitlichen Zusammenhang mit den elektrischen Signalen durchzuführen.

Das zweite Ziel der Erfindung ist es, die Verarbeitungsgenauigkeit und Lebensdauer zu verbessern, und außerdem eine billige Presse zu schaffen, die austauschbare, leicht freilegbare Teile besitzt.

Das dritte Ziel der Erfindung ist die Schaffung eines Aktuators mit einem piezoelektrischen Element, welches einfach handhabbar ist und hohe Genauigkeit besitzt.

Das vierte Ziel der Erfindung besteht darin, einen Aktuator mit einem piezoelektrischen Element anzugeben, der kompakt gebaut, sich durch hohe Präzision auszeichnet und zuverlässig ist.

Die obigen Ziele und Aufgaben werden durch die in den Patentansprüchen angegebene Erfindung gelöst. Dabei wird das obige erste Ziel durch den Gegenstand des Anspruchs 1 gelöst. Gemäß Anspruch 2 wird das zweite Ziel erreicht. Durch den Gegenstand des Anspruchs 3 wird in einer weiteren Form das obige zweite Ziel erreicht, ebenso wird dies durch den Gegenstand des Anspruchs 4 und des Anspruchs 5 erreicht.

Der Anspruch 6 gibt eine erste Form der Erfindung zur Erzielung des obigen dritten und vierten Ziels der Erfindung an. Die Ansprüche 7 und 8 beinhalten vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung, ebenso wie die weiteren Unteransprüche.

Der erfindungsgemäße Aufbau der Presse ist durch folgende Funktions- und Arbeitsweise gekennzeichnet:

1) Das in dem Aktuator verwendete piezoelektrische Element umfaßt eine Vielzahl von piezoelektrischen keramischen Blättern oder Flachstücken aus einem Material wie zum Beispiel Bariumtitanat-Porzellan. Wie an sich bekannt, wird bei Anlegen eines elektrischen Feldes das piezoelektrische Element abhängig von der Richtung des elektrischen Feldes verformt. Wählt man den Aufbau so, daß die Verformungsrichtung als Ergebnis des piezoelektrischen Effekts übereinstimmt mit der Richtung der Schichtung oder Lamellierung der piezoelektrischen Keramikblätter, so erhält man eine relativ große Längsversetzung des piezoelektrischen Elements insgesamt. Wenn daher das piezoelektrische Element in eine Preßmaschine eingebaut wird oder in eine Montagelehre, wo es als Aktuator dient, und wenn das piezoelektrische Element mit elektrischen Signalen so beaufschlagt wird, daß es ein Öffnen und Schließen des Gesenks einer Presse und das Schließen einer Montagelehre bewirkt, so läßt sich ein Werkstück oder ein Bauelement, welches in die Presse oder die Montagelehre eingelegt ist, in einer vorbestimmten Position innerhalb der Presse oder der Montagelehre festklemmen. Die Ansprechzeit ist viel schneller als bei einer Maschine mit einem hydraulischen oder pneumatischen Zylinder, so daß der Betrieb der Maschine direkt und exakt von den elektrischen Signalen gesteuert werden kann.

Weil der Aktuator ein piezoelektrisches Element zur Durchführung eines Aktuatorbetriebs enthält, indem eine Verformung aufgrund des piezoelektrischen Effekts ausgenutzt wird, um ein Werkstück in einer vorbe-

stimmten Position festzuklemmen, werden folgende Vorteile erreicht:

1) Das System stellt eine Vereinfachung des herkömmlichen Aufbaus eines mechanischen Aktuators mit einem hydraulischen oder einem pneumatischen Zylinder dar; die Ansprechzeit wird verbessert, und es ist eine direkte zeitliche Steuerung in Abhängigkeit elektrischer Signale möglich; und

2) bei Realisierung (speziell bei einem Gesenk-Schließmechanismus einer Presse) vereinfacht das System in hohem Maße den Aufbau des Schließmechanismus und erleichtert die zeitliche Koordination des Betriebs des Gesenk-Schließmechanismus mit dem Betrieb der übrigen Presseteile.

2) In einer Presse, die einen Aktuator mit einem piezoelektrischen Element als Stanz-Antriebsquelle enthält, befindet sich ein beweglicher Anschlag aus einem elastischen Material in einem Gesenk (einer Matrize), um ein Werkstück für einen Schervorgang zu halten, und ein Klemmaktuator mit einem piezoelektrischen Element befindet sich unabhängig von der Stanz-Antriebsquelle in der Matrize, um den beweglichen Anschlag in dessen Ausgangsposition zurückzubringen. Deshalb schert die Stanze das Material ab, während letzteres von dem beweglichen Anschlag niedergehalten wird. Dadurch wird eine Verformung des Materials, speziell eine Verwerfung, vermieden. Der Einbau des Aktuators in das Gesenk oder die Matrize der Presse läßt eine kompaktere Ausbildung der Presse zu und ermöglicht es, daß der Aktuator als Stanz-Antriebsquelle verwendet wird, so daß er den gesamten Hub der Stanze bewirken kann und kein weiterer Antrieb für die Gesenkanordnung notwendig ist.

3) In einer Presse mit einem Aktuator mit piezoelektrischem Element als Stanz-Antriebsquelle kann der Aktuator, wenn er aufgrund einer Beschädigung oder aufgrund von Verschleiß ersetzt werden soll, ohne Freilegung des Gesenksabschnitts ersetzt werden, und ein Freilegen der Stanze zum Zwecke des Schleifens der Stanze ist leicht möglich, wenn man den Aktuator mit einem piezoelektrischen Element ausbildet und mit der Stanze für die Kraftübertragung in Verbindung bringt, und wenn man außerdem das elastische Element dazu verwendet, die Stanze an dem Aktuator innerhalb des Gesenks mit Druck zu beaufschlagen und zu halten.

4) Weiterhin braucht in einer Presse mit einem Aktuator mit piezoelektrischem Element als Stanz-Antriebsquelle der Aktuator bei einem Gesenk-Austausch nicht entfernt werden, so daß mühelos Werkstücke unterschiedlicher Form abgeschert bzw. gestantzt werden können, indem man einen Rahmen oder ein Maschinengestell vorsieht, welches den Aktuator fixiert, und welches das Gesenk aufnimmt.

5) Weiterhin wird in einer Presse mit einem Aktuator mit piezoelektrischem Element als Stanz-Antriebsquelle ein speziell ausgelegter Standplatz für die Presse überflüssig, so daß man die Presse billig herstellen kann. Erreicht wird dies durch selbststehende Füße am Boden des Gestells oder des Gesenks.

6) Die Versetzung eines piezoelektrischen Elements wird extern über ein bewegliches Teil oder Materialstück übertragen und nicht über die

Kopplung des piezoelektrischen Elements mit einer externen Vorrichtung, und eine Führungsplatte zum Leiten des beweglichen Elements ist an der Befestigungsseite des Gehäuses abnehmbar angeordnet. Deshalb hat der Aktuator eine selbständige und unabhängige Form, was sein einfaches Ersetzen ohne Freilegung des Mechanismus mit dem piezoelektrischen Element und dem beweglichen Teil gestattet. Der Aktuator muß zum Beispiel dann ausgetauscht werden, wenn er beschädigt oder verschlissen ist, oder wenn das bewegliche Teil abgenutzt ist.

7) Da weiterhin ein Isolierelement, welches auch als axialer Anschlag für das bewegliche Teile fungiert, zwischen dem piezoelektrischen Element und dem Gehäuse liegt, läßt sich die Position des Aktuators exakt und sicher beim Zusammenziehen des Aktuators definieren, so daß ein Kurzschluß mit dem Gehäuse während eines Isolierungsdurchschlags verhindert ist und damit auch die Gefahr eines elektrischen Schlags für eine das Gehäuse berührende Person ausgeschaltet ist.

8) Weiterhin ist an dem beweglichen Teil ein Veretzungs-Übertragungselement für die Hubmessung vorgesehen, welches von der Öffnung des Gehäuses nach außen absteht und dazu dient, den Betriebshub direkt und exakt am Aktuator zu messen.

9) Ein Positions-Justiermechanismus an dem Gehäuse ermöglicht ein veränderliches Einstellen einer Fixierposition des beweglichen Teils, sowohl eine Grobeinstellung als auch eine Feineinstellung. Damit kann die Bedienungsperson den Stoßbereich des beweglichen Teils exakt justieren, um den gewünschten Betrieb zu erhalten, auch nachdem das piezoelektrische Element an der Befestigungsvorrichtung innerhalb des Gehäuses eingestellt ist.

10) Weiterhin ist das Gehäuse aus zwei Materialarten gebildet, von denen die eine einen geringeren Wärmeausdehnungskoeffizienten und die andere einen höheren Wärmeausdehnungskoeffizienten als das piezoelektrische Element besitzt, um eine Längung des piezoelektrischen Elements aufgrund von Umgebungstemperaturschwankungen etwa so groß zu machen wie diejenige des Gehäuses. Damit beseitigt der Aufbau auf Temperaturänderungen zurückzuführende Schwankungen des Stoß-Hubs des beweglichen Teils gegenüber dessen festliegenden Ebene, und treibt den Aktuator ohne Justierung in einen anfangs eingestellten Zustand, ungeachtet von Schwankungen der Umgebungstemperatur.

11) Da für das Gehäuse teilweise ein Keramikmaterial verwendet wird, welches hohen Belastungen ohne Verformung zu widerstehen vermag, erreicht man zusammen mit dem obigen Vorteil (10) eine Reduzierung der durch eine Last bedingten Längung des Gehäuses beim Betrieb des piezoelektrischen Elements, und man verhindert ein Kleinerwerden des Betriebshubs. Damit steht ein kompakter Aktuator zur Verfügung, bei dem Rostbeseitigungsarbeiten an der Gehäuseoberfläche überflüssig sind.

12) Der Aufbau des beweglichen Teils mit in Längsrichtung hochelastischem Material, welches eine höhere Längselastizität aufweist als Stahl, zum Beispiel Karbid oder Keramik, reduziert eine durch Druck seitens einer Last beim Betrieb des piezoelektrischen Elements hervorgerufene Beschädigung, wodurch das Kleinerwerden des effektiven

Betriebshubs verhindert wird. Der Aktuator wird kompakter. Es besteht nicht die Notwendigkeit, Rostschutzmaßnahmen an den Gleitelementen vorzunehmen, und auch das Gleit-Spiel braucht nicht reduziert zu werden.

13) Das Parallelschalten des piezoelektrischen Elements mit einem elastischen Element zur Aufbringung einer konstanten Druckbeanspruchung auf das piezoelektrische Element verkürzt die Gesamtlänge des piezoelektrischen Aktuators gegenüber einem herkömmlichen Aktuator, der in üblicher Weise eine Reihen-Anordnung aufweist. Damit kann der Aktuator kompakter aufgebaut sein.

Im folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Längsschnittansicht einer ersten Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 2 eine vergrößerte Detailansicht eines Einstellmechanismus zum Positionieren eines beweglichen Teils in dem in Fig. 1 dargestellten Zylinder;

Fig. 3 eine Schnittansicht, die die Unterbringung eines Isolierzylinders in der in Fig. 1 dargestellten Zylinderanordnung veranschaulicht;

Fig. 4 eine perspektivische Darstellung des Isolierzylinders nach Fig. 3;

Fig. 5 eine Schnittansicht des Aufbaus der Zylinderanordnung nach Fig. 1;

Fig. 6 ein Impulsdiagramm der an den in Fig. 1 dargestellten Aktuator angelegten Spannungsimpulse;

Fig. 7 eine Längsschnittansicht einer zweiten Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 8 (A) und (B) Querschnittansichten, die den Aufbau der Anordnung nach Fig. 7 von der Seite darstellen;

Fig. 8 eine Längsschnittansicht, die im Detail einen Pressenmechanismus als Abwandlung der zweiten Ausführungsform der Erfindung darstellt;

Fig. 10 (A), (B) und (C) Schnittansichten, die einen einzelnen Stanzvorgang gemäß der Erfindung darstellen;

Fig. 10 (D), (E) und (F) Schnittansichten, die den durch die vorliegende Ausführungsform der Erfindung realisierten Flach-Stanzvorgang darstellen;

Fig. 11 eine Längsschnittansicht einer dritten Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 12 und 13 Längsschnittansichten abgewandelter Ausführungsformen des in Fig. 11 dargestellten Gehäuses;

Fig. 14 und 15 Längsschnittansichten, die den Aufbau herkömmlicher Vorrichtungen darstellen;

Fig. 16 Längsschnittansichten eines Aktuators gemäß einer vierten Ausführungsform der Erfindung, und

Fig. 17 Längsschnittansichten des Aufbaus eines fünften Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Aktuators.

Fig. 1 zeigt den gesamten Aufbau der Zylinderanordnung nach einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung, die als Aktuator ein piezoelektrisches Element aufweist, welches den piezoelektrischen Effekt bewirkt, wobei die Zylinderanordnung an einer Stanzpresse angeordnet ist.

Zunächst soll die Zylinderanordnung 100 erläutert werden. An dem einen Ende eines hohlen zylindrischen Gehäuses 1 ist ein Deckel 2 mit mehreren Schrauben 3 befestigt. Ein Aktuator 4 ist als piezoelektrisches Element ausgebildet, um den piezoelektrischen Effekt zu erzeugen. Der Aktuator ist durch Aufeinanderanschichten vieler piezoelektrischer Keramik-Flachstücke oder

-Blätter aus beispielsweise Bariumtitanat-Porzellan gebildet. Der Aktuator ist in dem Gehäuse 1 angeordnet. Wie an sich bekannt ist, zeigt ein piezoelektrisches Element bei Anlegen eines elektrischen Feldes eine Verformung aufgrund des piezoelektrischen Effekts, abhängig von der Richtung des elektrischen Feldes. Wählt man den Aufbau so, daß die Richtung der Verformung, d. h. der auf den piezoelektrischen Effekt zurückzuführenden Längenänderung in Übereinstimmung mit der Schichtungsrichtung der piezoelektrischen Keramik-Flachstücke ist, so erhält man insgesamt eine relativ starke Längsversetzung (Längshub) für das piezoelektrische Element insgesamt.

In dem Gehäuse 1 befindet sich ein kolbenförmiges bewegliches Teil 5, welches linear zu gleiten vermag, um eine Längenänderung des Aktuators 4 nach außen zu übertragen. Eine in dem Gehäuse 1 befindliche Feder 6 hält das bewegliche Teil 5 in enger Anlage an dem Aktuator 4. Eine Führungsplatte 7 unterstützt die Linearbewegung des beweglichen Teils 5 und besitzt hierzu ein Durchgangsloch, in welchem eine Stange des beweglichen Teils 5 geführt ist.

Nachdem das oben erwähnte bewegliche Teil, die Feder 6 und ein noch zu beschreibendes bewegliches Positions-Justierelement in dem Gehäuse 1 untergebracht sind, wird die Führungsplatte 7 in einer Ausnehmung am Ende der Befestigungsseite des Gehäuses 1 eingesetzt und mit Schrauben befestigt. Damit steht eine Zylinderanordnung 100 zur Verfügung, die ein separates Teil ist, das völlig unabhängig von dem Mechanismus ist, an welchem es zu montieren ist (dabei kann es sich zum Beispiel um eine Presse handeln). Da die Zylinderanordnung 100 mit dem in dem Gehäuse 1 befindlichen Aktuator 4 an einer Maschine montiert werden kann, ist ein rasches Abmontieren möglich, wenn beispielsweise der Aktuator 4 beschädigt ist oder das bewegliche Teil 5 verschlissen ist. Die Zylinderanordnung 100 wird mit mehreren Schrauben 8 an der Maschine befestigt (im vorliegenden Fall handelt es sich um das Gestell 8 einer Presse), wozu am montageseitigen Ende des Gehäuses 1 ein Flansch vorgesehen ist.

Von einer Energiequelleneinheit 10 wird eine impulsförmige Spannung an den Aktuator 4 gelegt. Wenn die Energiequelle 10 die impulsförmige Spannung über eine Leitung 11 an den Aktuator 4 legt, expandiert und kontrahiert der Aktuator 4 (er wird länger und kürzer) in axialer Richtung des Gehäuses 1 infolge des von dem piezoelektrischen Element erzeugten piezoelektrischen Effekts. Bei der Ausdehnung des Aktuators 4 drückt der Aktuator auf das bewegliche Teil 5, welches seinerseits ein Bewegungs-Aufnahmeende 12 in der Preßvorrichtung nach unten drückt. Wenn der Aktuator 4 sich verkürzt, kehrt das bewegliche Teil 5 durch die Federkraft der Feder 6 zurück, wobei es der Bewegung des Aktuators 4 folgt. Dadurch wird der Hub des Aktuators 4 exakt auf die Arbeitsmaschine übertragen.

Ein plattenförmiges Hubübertragungsteil dient zur Herausführung und zur Messung des Hubs der Linearbewegung des beweglichen Teils 5. Das hintere Ende des Hubübertragungsteils durchsetzt ein Durchgangsloch nutzförmiger Gestalt in einem zylindrischen Abschnitt des Gehäuses 1 und ist annähernd horizontal am Kopf oder Schaft des beweglichen Teils 5 befestigt. Ein Hubmesser 21 dient zum Messen des Bewegungshubs des beweglichen Teils 5 über das Hubübertragungsteil 20 und ist dazu an einem starren Arm 22 befestigt, der an der Außenwand des Gehäuses 1 montiert ist. Der Hubmesser 21 kann ein üblicher mechanischer oder

elektrischer Mikrometer mit einem Meßfühler sein, der mit der Spitze des Hubübertragungsteils 20 in Berührung steht. Es kann sich auch um einen berührungsfrei arbeitenden Luft-Mikrometer oder um ein Lasermeßgerät handeln. Da der Aufbau der Vorrichtung eine einfache und direkte Messung des Bewegungshubs des beweglichen Teils 5 außerhalb des Gehäuses 1 gestattet, kann eine Bedienungsperson jederzeit prüfen, ob die Zylinderanordnung 100 korrekt arbeitet und kann bei Bedarf die Position des beweglichen Teils 5 bei gleichzeitiger Beobachtung von dessen Bewegung exakt einstellen.

Fig. 2 ist eine vergrößerte Darstellung eines Einstellmechanismus, mit dessen Hilfe die innere Position des beweglichen Teils 5 in der in Fig. 1 gezeigten Zylinderanordnung 100 justiert werden kann. In dem Gehäuse 1 aufgenommen ist ein flaches Distanzstück 13, das auf dem Kopf des Aktuators 4 sitzt und vorab in verschiedenen Stärken hergestellt wird. Durch Variieren der Dicke des Distanzstücks 13 wird ein anfänglicher Stoß-Hub bzw. die Grundstellung des beweglichen Teils 5 aus der Flansch-Ebene der Montageseite des Gehäuses 1 eingestellt. Eine mit einem Innengewinde in der Mitte des Deckels 2 an dem Gehäuse 1 in Eingriff stehende Stellschraube 14 kann von einer Fixiermutter festgestellt werden. Ein Keil 16 besitzt eine schräge oder sich verjüngende Ebene mit trapezförmigem Querschnitt, und eine L-förmige sich verjüngende Brücke 17 besitzt eine abgeschrägte Ebene mit dem gleichen Schrägungswinkel wie der Keil 16, wobei die Brücke länger ist als der Durchmesser des Gehäuses 1. Eine Stellschraube 18 durchsetzt den aufrechtstehenden Kopf der Brücke und ist über einen Ring 18 und einen Stift 120 befestigt. Das Außengewinde an der Spitze der Stellschraube 18 paßt in ein Innengewinde, welches horizontal in dem Keil 16 ausgebildet ist, und dadurch läßt sich die Eindringtiefe der sich verjüngenden Brücke 17 einstellen, indem die Schraube gedreht wird.

In anderen Worten: Wenn man die Stellschraube 18 im Uhrzeigersinn oder nach vorn dreht, geht sie tiefer in das Innengewinde, so daß sich die Brücke 17 in der Zeichnung nach rechts bewegt. Wird die Stellschraube 18 im Gegenuhrzeigersinn gedreht, so bewegt sich die Brücke 17 nach links. Da die Kontaktfläche des Teils 16 einerseits und der Brücke 17 andererseits abgeschrägt ist, bewegt sich die Lage der Brücke 17 an deren Boden in axialer Richtung des Gehäuses 1 relativ zur Eindringtiefe der Brücke 17, wodurch eine Feineinstellung des Anfangs-Stoßhubs des beweglichen Teils 5 über das Distanzstück 13 und den Aktuator in dem piezoelektrischen Element vorgenommen werden kann.

Um die Position des Aktuators 4 und des beweglichen Teils 5 einzustellen, wird die Stellschraube 14 zur Grobeinstellung gedreht und dann mit Hilfe der Mutter 15 am Deckel 2 fixiert. Ist eine weitere Einstellung erforderlich, so wird die Stellschraube 18 in den Teil 16 hineingeschraubt, um die Brücke 17 zu verschieben und die gewünschte Position einzustellen. Dann wird der Stift 120 in ein Loch an dem Ring 18 eingesetzt, und die Stellschraube 18 wird fixiert. Auf diese Weise ist es möglich, die Montageposition des beweglichen Teils 5 nach Bedarf einzustellen, indem man die Grobeinstellung oder die Feineinstellung vornimmt, oder beides. Deshalb ist die Zylinderanordnung 100 in hohem Maße vielseitig, wartungsfreundlich und gestattet eine hochpräzise Verarbeitung.

Fig. 3 und 4 zeigen die Einzelheiten eines in Fig. 1 dargestellten Isolierzylinders 23. Der Isolierzylinder 23

besteht aus einem ziemlich starren Isolierstoff und ist in einem Freiraum zwischen der Innenwand des Gehäuses 1 und dem Aktuator 4 untergebracht. Er isoliert den Aktuator 4 von dem Gehäuse 1 und positioniert und hält den Aktuator 4, wenn sich dieser zusammenzieht. Der Aktuator 4 enthält beispielsweise zwei piezoelektrische Elemente 135 und 136, die im oberen bzw. unteren Teil des Aktuators vorgesehen sind. Wenn jedes Element durch Leitungen 137 bis 140 angeschlossen ist, besitzt der Isolierzylinder 23 an seiner Innenseite (siehe Fig. 4) eine Nut a, in der die Leitungen 138 und 139 verlaufen, eine Nut b, in der die Leitungen 137 und 140 verlaufen, eine Kerbe c, um diese Leitungen in Richtung auf den Deckel 2 zu führen, und eine Nut d, um die Leitungen zu führen und aufzunehmen. Damit verhindert der zwischen dem Gehäuse 1 und dem Aktuator 4 liegende Isolierzylinder 23 einen Kurzschluß mit dem Gehäuse 1 im Fall eines Isolierungs-Durchbruchs und beseitigt die Gefahr eines elektrischen Schlags. Indem die axiale Länge des Isolierzylinders kürzer gewählt wird als diejenige des Aktuators 4 bei dessen Ausdehnung, und indem der Zylinder nicht kürzer ist als der Aktuator 4 bei dessen Verkürzung, ist ein Positionieren und Anschlagen des Aktuators 4 möglich. Hierdurch wird ferner die Möglichkeit eines Aktuator-Zusammenbruchs bei einer plötzlichen, durch die Feder 6 bewirkten Rückkehrbewegung beseitigt.

Fig. 5 zeigt die Einzelheiten des in Fig. 1 dargestellten Zylindergehäuses 1. Wie aus Fig. 5 hervorgeht, handelt es sich bei dem Gehäuse 1 um einen Körper, der durch Zusammenfügen eines oberen Gehäuseteils 134 und eines unteren Gehäuseteils 133 gebildet ist. Das Gehäuseteil 133 besteht aus beispielsweise einem Eisen-Material, das eine größere Wärmeausdehnung besitzt als der Aktuator 4 in dem piezoelektrischen Element. Das andere Gehäuseteil 134 besteht aus einem Material mit kleinerer Wärmeausdehnung als der Aktuator 4 (z. B. aus der Legierung Invar, bei der es sich um eine Eisen-Nickel-Legierung handelt). Durch Verwendung solcher Stoffe ist es möglich, daß das Gehäuse 1 eine Verlängerung aufgrund einer Umgebungstemperaturschwankung erfährt, die genauso groß ist wie diejenige des Aktuators 4. Diese Maßnahme reduziert auch eine Änderung der Anfangs-Hub-Stärke oder Grundstellung des beweglichen Teils 5 gegenüber der feststehenden Ebene auf ein fast vernachlässigbares Maß, so daß die Justierung mit Hilfe der Schrauben 14 und 18 nicht nötig ist. Die Gehäuseteile 134 und 133 können mit Schrauben verbunden werden, sie können aber auch verschweißt werden. Verwendet man außerdem für das Gehäuseteil 134 anstelle einer Invar-Legierung Keramikmaterial (um die Längs-Elastizität höher zu machen als bei dem metallischen Material) so wird die Verlängerung des Gehäuses 1 aufgrund der Belastung beim Betrieb des Aktuators 4 reduziert. Die Maßnahme verhindert auch eine Verkleinerung der Betriebshöhe des Aktuators 4 und läßt eine kompakte bauliche Ausgestaltung des Aktuators 4 zu. Die Verwendung von Keramikmaterial hat den weiteren Vorteil, daß keine Oberflächenbearbeitung nötig ist, um die Bildung von Rost zu vermeiden.

Wird weiterhin das bewegliche Teil 5 aus einem Stoff hergestellt, der eine höhere Längs-Elastizität besitzt als Stahl-Werkstoffe (verwendet man zum Beispiel zementiertes Karbid oder Keramikmaterialien), so wird die Druck-Verzerrung des beweglichen Teils 5 reduziert, die hervorgerufen wird durch die beim Betrieb des Aktuators hervorgerufene Belastung. Außerdem wird verhindert, daß die Betriebshöhe kleiner wird.

Als nächstes soll der Pressenmechanismus, wie er in Fig. 1 dargestellt ist, erläutert werden.

In einem Gestell 8 ist ein Gesenk untergebracht, wobei das Gestell 8 auf freitragenden Füßen 34 an der Unterseite des Gestells 8 steht. Ein Paar Zylinderanordnungen 100 wird an dem Gestell 8 mit Hilfe von Schrauben 8 sowohl oberhalb als auch unterhalb des Gestells 8 befestigt, wobei die Spitze des beweglichen Teils 5 jeder Zylinderanordnung das Gestell 8 so weit durchdringt, bis sie das Gesenk erreicht, damit eine Formänderung des Aktuators 4 bis dorthin übertragen wird. Die Füße 34 machen eine Spezialvorrichtung zum Halten und Fixieren der Arbeitsmaschine überflüssig und gestatten der Maschine, wie eine Preßvorrichtung zu fungieren. Das in dem Gestell 8 untergebrachte Gesenk macht es überflüssig, die Zylinderanordnung 100 abzunehmen, wenn das Gesenk ausgetauscht wird.

Innerhalb des Gesenksabschnitts befinden sich ein Obergesenk 25 und ein Untergesenk 26, die ein Verarbeitungsgut 24 von oben bzw. von unten halten, weiterhin befinden sich in dem Gesenksabschnitt ein Oberstempel 12 und ein Unterstempel 27 als Aufnahmeteile für die Bewegung des Betätigungsmechanismus, um das Verarbeitungsgut einer Scherverformung zu unterziehen. In einer leeren Kammer zwischen den Stempeln 12 und 27 und den Gesenken 25 und 26 befindet sich eine Feder 28, die mit konstantem Druck gegen das bewegliche Teil 5 drückt. Die Gesenke 25 und 26 werden gegen das Verarbeitungsgut 24 gepreßt, und sie sind elastisch gehalten. Ein am Umfang der Stempel 12 und 27 befindlicher Flansch (Kragen) spielt die Rolle eines Anschlags, der mit Abstufungen an den Gesenken 25 und 26 in Eingriff kommt. Durch diesen Aufbau werden die Stempel 12 und 27 in dem Gesenk gehalten. Durch die Feder werden das bewegliche Teil 5 und die Stempel 12 und 27 in Berührung miteinander gehalten, wodurch die Bewegungsübertragung stattfindet. Dieser Aufbau erleichtert das Austauschen der Zylinderanordnung 100, falls dies zum Beispiel aufgrund einer Beschädigung oder Beeinträchtigung des Aktuators notwendig sein sollte, und erleichtert außerdem das Freilegen und Zusammenbauen der Stempel 12 und 27 zum Zwecke des Neu-Schleifens, so daß sämtliche Wartungs- und Reparaturarbeiten rasch durchgeführt werden können.

Für den Vorschub des Verarbeitungsguts 24 hebt ein Paar von unteren Aktuatorvorrichtungen 28 unterhalb des Gestells 8 das Obergesenk 25 nach oben an. Die Vorrichtungen 28 enthalten je ein piezoelektrisches Element. Wenn nach dem Vorschub das Verarbeitungsgut 24 fixiert werden soll, zieht das bewegliche Teil der unteren Aktuatorvorrichtungen 28 sich zurück und gelangt in die Ausgangsposition. Federn 32 drücken das Obergesenk 25 über ein Paar an dem Gestell 8 mittels Muttern 31 befestigter beweglicher Stützschrauben 30 nach unten, um das Verarbeitungsgut 24 festzuklemmen. Damit hält die Feder 32 das Verarbeitungsgut 24 während des Schervorgangs nachgiebig fest, und die Stempel 12 und 27 scheren das Material ab. Dadurch wird bei dem Arbeitsvorgang die Materialverformung, insbesondere eine Verwerfung, reduziert. Da das Gestell 8 die unteren Aktuatorvorrichtungen 28 trägt, braucht die Zylinderanordnung 100 keinen Gesenk-Satz anzutreiben. Dies vereinfacht die Verwendung der Zylinderanordnung 100 dahingehend, daß sie nur eine Funktion wahrnehmen muß, nämlich die Stempel anzutreiben.

Fig. 6 zeigt ein Beispiel eines Impulszugs der Spannungsverformung, die an die Aktuatoren 4 in dem Paar von

Zylinderanordnungen 100 anzulegen sind. Das Verarbeitungsgut 24 wird auf den Gesenken 25 und 26 positioniert, und eine Energiequelle 10 liefert wiederholt eine impulsförmige Spannung an den oberen und den unteren Aktuator 4, wobei die Impulse angenähert eine netzübliche Frequenz aufweisen. Indem man jeden Aktuator mit einer Phasendifferenz 180 Grad ansteuert, gelangt an den oberen Aktuator 4 eine Spannung, die ausgehend von einer Anfangsspannung nach und nach zunimmt, während der untere Aktuator 4 eine ständig absinkende Spannung empfängt, wie aus Fig. 6 hervorgeht. Dies führt zu einer Folge von Schwingungen, bei denen sich die Aktuatoren 4 ausdehnen und zusammenziehen, so daß die Stempel 12 und 27 entsprechende Schwingungen vollziehen. Wenn die Stempel 12 und 27 abwechselnd die Schwingbewegung vollziehen, wird das Bearbeitungsgut 24 von oben und von unten, also von beiden Seiten, bearbeitet, wobei der Abwärtshub von oben nach und nach stärker wird. Als Folge davon findet der Schervorgang statt, ohne daß sich Brucherscheinungen im Bearbeitungsgut 24 bemerkbar machen, welches schließlich auf die Unterseite der Gesenke 25 und 26 ausgestanzt wird. Es hat sich gezeigt, daß die Schnittfläche nach dem Verarbeitungsvorgang nur wenig Grate und eine kaum gebrochene Ebene aufweist. Der Preßvorgang führt zu einem Produkt mit glatter und genau gearbeiteter Schnittfläche.

Die Steuerung der Impulsspannung für die Aktuatoren 4 in den piezoelektrischen Elementen vermag den Betriebshub der Stempel 12 und 27 einfach und in der Größenordnung von Mikrometern zu regulieren.

Im folgenden wird ein zweites Ausführungsbeispiel der Erfindung erläutert.

Fig. 7 zeigt den Gesamtaufbau der zweiten Ausführungsform. Ein beweglicher Anschlag 33 plattenförmiger Gestalt ist in einer leeren Kammer zwischen dem Obergesenk 25 und dem Untergesenk 26 innerhalb des Gestells 8 angeordnet. Der Anschlag besitzt ein Durchgangsloch für den Durchgang des Oberstempels 12 in der Mitte, und er wird durch eine mittlere Feder 28 nach unten gepreßt. Ein Paar oberer Federn 32 befindet sich in konkaven Abschnitten des Obergesenks 25, um das zwischen dem Anschlag und dem Untergesenk 26 befindliche Material zu halten. Ein Paar Aktuatoren 28 mit geschichteten piezoelektrischen Elementen dient zum Versetzen des beweglichen Anschlags 28 und ist dazu in einer Nut im Untergesenk 26 angeordnet, um den beweglichen Anschlag 33 von unten abzustützen. Die Stützschrauben 30 sind an dem Gestell 8 durch Muttern 31 befestigt und definieren die Lage des Obergesenks 25 und des Untergesenks 26.

Auf eine weitere Erläuterung der übrigen Elemente der Vorrichtung soll hier verzichtet werden, da sie bereits oben in Verbindung mit der ersten Zylinderanordnung 100 nach Fig. 1 erläutert wurden.

Der bei dieser Ausführungsform verwendete Gesenkeabschnitt ist gekennzeichnet durch einen Aufbau mit einem beweglichen Anschlag. Wenn das Verarbeitungsgut 24 bewegt werden muß, kommt der Aktuator 28 mit dem piezoelektrischen Element zum Einsatz, der in dem Gesenk angeordnet ist, und er drückt den Anschlag 33 nach oben. Während des Schervorgangs zieht der Aktuator 29 sich in die Ausgangsposition zurück, so daß der bewegliche Anschlag 33 von den Federn 32 nach unten gedrückt wird und das Verarbeitungsgut 24 niederhält, damit eine Verformung des Verarbeitungsguts beim Abscheren durch die Stempel 12 und 27 gering gehalten wird. Weiterhin kann das Gesenk mit dem Ak-

tuator 28 den Aufbau des Pressenkörpers vereinfachen und eine Kompaktbauweise ermöglichen.

Fig. 8 (A) und (B) zeigen Seitenansichten der in Fig. 7 dargestellten Preßvorrichtung. Wie aus der Zeichnung hervorgeht, wird ein Verarbeitungsgut auf einer Art Riemenscheibe 63 in Form eines Wickels bereitgestellt, und das Verarbeitungsgut wird den Spitzen der Stempel 12 und 27 in dem Gestell 8 zugeführt, verarbeitet und durch ein Paar Förderrollen 61 und 62 aufgerollt, wobei die Förderrollen direkt mit einem Motor 60 gekoppelt sind, der von einem Motorantrieb 58 angetrieben wird.

Fig. 8 zeigt eine Variante der Ausführungsform nach Fig. 7, wobei es speziell um die Einzelheiten des in dem Gestell 8 aufgenommenen Gesenks geht.

Stempelhalter 42 und 53 stehen mit einem beweglichen Teil derart in Berührung, daß das bewegliche Teil 5 in der Zylinderanordnung 100 (Fig. 1 oder 7) einen Hub des Aktuators 4 auf einen Oberstempel 40 und einen Unterstempel 50 überträgt. Eine obere Gesenkträgerplatte 36 ist an einem oberen Gesenk-Satz 37 befestigt und fungiert als Anschlag für ein Paar Anschlagfedern 38 und den oberen Stempelhalter 42. Man kann die obere Gesenkträgerplatte 36 und die oberen Gesenk-Sätze 37 einstückig ausbilden. Um allerdings die hochpräzise Verarbeitung der als Abstreifer dienenden Fläche zu gewährleisten, wird der Aufbau vorzugsweise separat vorgenommen, so daß die Abstreiferfläche unabhängig geschliffen werden kann. Der Oberstempel 40 wird an dem Stempelhalter 42 durch einen Stempelandrücker 41 gehalten, wobei der Stempel 40 von einer Stempelfeder 38 über den Stempelandrücker 41 elastisch gehalten wird.

Eine an unteren Gesenksätzen befestigte untere Gesenkträgerplatte 48 fungiert als Anschlag für ein Paar von Aktuatoren 45 mit piezoelektrischen Elementen und einen unteren Stempelhalter 53. Man kann die untere Gesenkträgerplatte 49 und die unteren Gesenk-Sätze 48 einstückig ausbilden, getrennt kann man jedoch eine höhere Genauigkeit erreichen, und zwar aus den gleichen Gründen, wie sie für das obere Gesenk gelten. Die unteren Gesenk-Sätze 48 besitzen ein Paar Führungsstifte 44 in Vertikalnuten, wobei die Führungsstifte 44 den Abstreifer 43 führen. Der untere Gesenk-Satz 48 trägt ein unteres Gesenk 47, der obere Gesenk-Satz 37 bzw. der Abstreifer 43 trägt ein Obergesenk 46.

Die Abstreiferfeder 38 hält den Abstreifer 43 niedergedrückt, und das Verarbeitungsgut 51 gelangt in den Zwischenraum zwischen Obergesenk 46 und Untergesenk 47, und die Abstreiferfeder 38 hält das Verarbeitungsgut 51 durch ihre Federkraft nieder. Das bewegliche Teil 5 drückt den Stempelhalter 42 oder 53, und das Obergesenk 46 oder das Untergesenk 47 schert das Material 51. Das Obergesenk 46 und das Untergesenk 47 führen außerdem den oberen Stempel 40 bzw. den unteren Stempel 50. Zum Zuführen des Verarbeitungsguts 51 zu dem nächsten Schervorgang wird von einer externen Energiequelle eine impulsförmige Spannung an den Aktuator 45 gelegt, um ihn auszudehnen, damit der Abstreifer 43 nach oben gedrückt wird und das Verarbeitungsgut 51 freikommt und von einer externen Vorschubvorrichtung bewegt werden kann.

Fig. 10 verdeutlicht den Unterschied zwischen einem herkömmlichen Einzel-Stanzvorgang und dem Flach-Stanzvorgang, wobei letzterer bei der erfindungsgemäßen Ausführungsform verwendet wird.

Bei dem Einzelstanzverfahren, wie es in herkömmlichen Pressen angewendet wird (Fig. 10 (A), (B) und (C)), entstehen Grate. Um die Entstehung von Graten zu

vermeiden, wird das Verarbeitungsgut in einen halb-gestanzten Zustand dem Gesenk oder der Matrize zugeführt, wo ein Flach-Stanzvorgang durchgeführt ist, während ein beweglicher Abstreifer das Verarbeitungsgut niederhält, um so das Ausstanzen zu vervollständigen, wobei die gleiche Zeit wie beim Einzel-Stanzverfahren verbraucht wird, jedoch keine Grate entstehen. Dies wird als Flachstanzverfahren bezeichnet.

Beim Flachstanzverfahren wird mit dem Oberstempel 40 das Verarbeitungsgut 51 zunächst halb gestanzt, wie in Fig. 10 (D) zu sehen ist. Dann werden gemäß Fig. 10 (E) der Oberstempel 40, das Obergesenk 46 und der Unterstempel 50 angehoben, und das Untergesenk 47 stößt das Material aus, so daß es bewegt werden kann. Anschließend bewegt eine externe Fördervorrichtung das Verarbeitungsgut zur nächsten Scherposition. Dann senkt sich gemäß Fig. 10 (F) das Obergesenk 46, um den halbgestanzten Teil des Verarbeitungsguts zusammenzuquetschen, wobei Risse in einem noch nicht fertig abgescherten Teil entstehen. Es wird ein Stanzblock auf das Material gedrückt und der Abschervorgang beendet. Dann schließt sich wieder der in Fig. 10 (D) dargestellte Schritt an, und der Zyklus wiederholt sich. Dieses Verfahren gestattet ein gratfreies Abscheren ohne Ausstanzen von Material von oberhalb und unterhalb, wobei die gleiche Verarbeitungsgeschwindigkeit möglich ist wie beim Einzelstanzverfahren. Man kann den unteren Stempel fortlassen.

Im folgenden wird eine dritte Ausführungsform erläutert. Fig. 11, 12 und 13 zeigen diese dritte Ausführungsform der Erfindung und verschiedene Ausgestaltungen eines Aktuators zum Halten und Einstellen des Verarbeitungsguts oder eines Teils an einer vorbestimmten Position in einer Montagelehre.

Gemäß Fig. 11 enthält das Untergesenk 66 das piezoelektrische Element 70, und das Obergesenk 65 enthält ein piezoelektrisches Element 68, wobei die piezoelektrischen Elemente als Gesenk-Öffnungsaktor bzw. Gesenk-Schließaktor dienen. Die piezoelektrischen Elemente 68 und 70 sind an Ausgangsanschlüsse einer Steuerung 71 angeschlossen.

Diese Anordnung betreibt eine Preßvorrichtung folgendermaßen: Wenn die Steuerung 71 einen Pressenbetriebsbefehl erhält, veranlaßt die Steuerung die Energiequelle 72, eine Spannung an das piezoelektrische Element 70 innerhalb des Untergesens 66 zu liefern. Hierdurch dehnt sich das piezoelektrische Element 70 in Richtung der gebrochenen Pfeile aufgrund des piezoelektrischen Effekts, wodurch es als Antrieb zum Öffnen des Gesenks arbeitet und das Obergesenk 65 anhebt.

Wenn der Vorschub des zwischen Untergesenk 66 und Obergesenk 65 befindlichen Verarbeitungsguts 68 beendet ist, beendet die Steuerung die Spannungszufuhr zu dem piezoelektrischen Element 70 und liefert gleichzeitig eine Spannung an das im Obergesenk 65 befindliche piezoelektrische Element 68. Hierdurch wird das piezoelektrische Element 68 in Pfeilrichtung länger und arbeitet als Antriebsquelle beim Schließen des Gesenks, so daß das Verarbeitungsgut 68 zwischen Untergesenk 66 und Obergesenk 65 gehalten wird.

Als nächstes stößt in diesem Zustand des geschlossenen Gesenks der Stempel 67 in Pfeilrichtung, um das Verarbeitungsgut 68 auszustanzen. Dieser Vorgang wird bei der Verarbeitung des Materials 68 laufend wiederholt.

Fig. 12 und 13 zeigen Abwandlungen der Ausführungsform nach Fig. 11. Gemäß Fig. 12 beinhaltet das Untergesenk 66 das piezoelektrische Element 70 als

Gesenk-Öffnungsaktor wie bei den Ausführungsformen nach den Fig. 1, 7 und 8, wobei ein Federelement 73 im Obergesenk 65 zum Schließen des Gesenks dient. Fig. 13 zeigt den Fall, daß das Obergesenk 65 das piezoelektrische Element 68 als Gesenk-Schließaktor enthält, während eine in dem Untergesenk 66 befindliche Feder dazu dient, das Gesenk zu öffnen.

Bei den Ausführungsformen nach den Fig. 12 und 13 werden als Aktuatoren ebenfalls piezoelektrische Elemente 68 und 70 verwendet, ähnlich wie bei Fig. 11, um das Pressengesenk zu öffnen und zu schließen. Diese Aktuatoren mit piezoelektrischen Elementen sprechen sofort an, wenn von einer externen Energiequelle eine Spannung angelegt wird. Dies hat den Vorteil, daß eine Kopplung mit dem Hauptpressenmechanismus gesteuert werden kann, um den zeitlichen Ablauf in einfacher Weise mit Hilfe elektrischer Signale zu steuern.

Während die beschriebenen Ausführungsformen die Verwendung von Pressengesenken darstellen, können mit Montagevorrichtungen und -lehren in Spezialteil-Montagemaschinen ähnliche Effekte erzielt werden mit piezoelektrischen Elementen als Vorrichtungs-Aktuatoren.

Da als Aktuator ein piezoelektrisches Element verwendet wird, um die durch den piezoelektrischen Effekt hervorgerufene Versetzung oder Längenänderung dazu zu benutzen, ein Material oder ein Teil an einer vorbestimmten Stelle einzustellen, ist der Aufbau in der Konstruktion einfacher und ist der Betrieb schneller als bei einem herkömmlichen mechanischen Aktuator, der mit Hydraulik- oder Luftzylinder arbeitet. Mit Hilfe von elektrischen Signalen läßt sich der zeitliche Betriebsablauf exakter beherrschen. Wird der Aufbau speziell als Gesenk- oder Form-Schließmechanismus einer Presse eingesetzt, so läßt sich der Aufbau des Mechanismus erheblich vereinfachen, wodurch sich auch der zeitliche Ablauf des Betriebs in Verbindung mit dem Haupt-Pressenmechanismus gut steuern läßt, was zu erheblichen Vorteilen in der Praxis beim Betrieb der Maschine führt.

Im folgenden wird eine vierte Ausführungsform der Erfindung erläutert. Fig. 16 zeigt den Aufbau eines vierten Ausführungsbeispiels eines Aktuators.

Bei dieser Ausführungsform sind mehrere dünne piezoelektrische Keramikblätter zu einem Stapel geschichtet angeordnet, in jeder Schicht des Schichtpakets befinden sich innere Elektrodenfolien, in einem zylindrischen Gehäuse 112 befindet sich ein geschichtetes piezoelektrisches Element 111, dessen piezoelektrische Keramikelemente elektrisch parallel an eine externe Elektrode geschaltet sind, während ein bewegliches Teil 113 zum Übertragen des Bewegungshubs an eine äußere Stelle an dem geschichteten piezoelektrischen Element 111 befestigt ist. Eine Schraubenfeder 114 ist entweder durch Bolzen oder durch Verschweißung zwischen dem beweglichen Teil 113 und dem Boden des zylindrischen Gehäuses 112 angeordnet und mit einer geeigneten Länge entspannt, und das geschichtete piezoelektrische Element 111 befindet sich im Inneren der Schraubenfeder 114.

Bei dieser Ausführungsform wird das geschichtete piezoelektrische Element 111 konstant mit einer Druckkraft beaufschlagt, und darüber hinaus ist die Gesamtlänge des piezoelektrischen Aktuators mit einem geschichteten piezoelektrischen Element der gleichen Form wie herkömmliche Elemente offenbar kürzer als der herkömmliche Aufbau, bei dem eine Schraubenfeder in Reihe mit dem piezoelektrischen Element ange-

Untersuchungsergebnisse haben gezeigt, daß eine hochgenaue Steuerung der Versetzung möglich war, in der Größenordnung von Mikrometern, ähnlich wie bei herkömmlichen Anordnungen, wenn eine gesteuerte Spannungsquelle 115 eine angemessene Spannung an das geschichtete piezoelektrische Element 111 liefert.

Im folgenden wird eine fünfte Ausführungsform der Erfindung beschrieben. Fig. 17 zeigt den Aufbau eines Aktuators nach der fünften Ausführungsform der Erfindung, welche etwa die gleiche Funktionsweise hat wie die Ausführungsform nach Fig. 16.

Bei dieser Ausführungsform sind in einem zylindrischen Gehäuse 122 geschichtete piezoelektrische Elemente 121 untergebracht, während ein bewegliches Teil 123 an dem geschichteten piezoelektrischen Element 121 wie bei der vierten Ausführungsform befestigt ist. Bei dieser Ausführungsform wird die Seitenwand des zylindrischen Gehäuses als elastisches Element eingesetzt, indem die Wand dünn genug gemacht wird, um eine Federkonstante zu haben, die etwa den zehnten Teil des Werts der Federkonstanten des geschichteten piezoelektrischen Elements besitzt. Weiterhin ist ein Gleitabschnitt des beweglichen Teils 123 an dem zylindrischen Gehäuse 124 angeschweißt, um das bewegliche Teil 124 an dem Gehäuse zu fixieren, während das geschichtete piezoelektrische Element 121 durch das bewegliche Teil 123 unter Druckbeanspruchung gehalten wird.

Bei dieser Ausführungsform wird das geschichtete piezoelektrische Element 121 konstant auf Druck beansprucht; die Gesamtlänge des piezoelektrischen Aktuators wird noch kürzer als bei Verwendung einer Schraubenfeder, die in Reihe mit dem piezoelektrischen Element angeordnet ist, wie es bislang üblich war.

Eine Untersuchung hat gezeigt, daß sich ein Hub in der Größenordnung von Mikrometern mit hoher Genauigkeit steuern ließ, wie es in herkömmlichen Fällen möglich ist, wenn man eine angemessene Spannung an das geschichtete piezoelektrische Element 121 legt, wie es beim vierten Ausführungsbeispiel der Fall ist.

Patentansprüche

1. Klemm-Aktuator mit einem piezoelektrischen Element (4), **dadurch gekennzeichnet**, daß zum haltenden Festklemmen eines Verarbeitungsguts in einem Preßwerkzeug oder eines Teils in einer Montagevorrichtung das piezoelektrische Element als Antriebsquelle zum Festklemmen des Materials oder Teils an einer vorbestimmten Stelle unter Ausnutzung des durch den piezoelektrischen Effekt hervorgerufenen Formänderungshubs verwendet wird.
2. Preßvorrichtung, gekennzeichnet durch einen ersten Aktuator mit einem piezoelektrischen Element, welcher sich ansprechend auf eine angelegte Spannung in axialer Richtung ausdehnt bzw. sich zusammenzieht;
einen Stempel, der von dem als Antriebsquelle dienenden ersten Aktuator in hin- und hergehende Bewegungen gebracht wird;
einen beweglichen Anschlag (33) in dem Preßwerkzeug mit dem darin befindlichen Stempel, um ein Verarbeitungsgut während eines Schervorgangs niederzuhalten, wozu die Elastizität eines federelastischen Elements (32) eingesetzt wird; und
einen zweiten Aktuator (29) mit einem piezoelek-

(26) befindet und dazu dient, den beweglichen Anschlag (33) in dessen Ausgangsposition zurückzubringen.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Hub des ersten Aktuators und des Stempels durch Berührung übertragen wird und daß sich in dem Preßwerkzeug ein federelastisches Element (28) befindet, um den Stempel gegen den ersten Aktuator zu pressen und zu halten.

4. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung ein Gestell (8) zur Befestigung des ersten Aktuators aufweist, und daß in dieses Gestell (8) ein Preßwerkzeug eingebaut ist.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß am Boden des Gestells oder des Preßwerkzeugs Stützfüße (34) angeordnet sind.

6. Aktuator, dadurch gekennzeichnet, daß er ein piezoelektrisches Element enthält, welches sich ansprechend auf eine angelegte Spannung in axialer Richtung ausdehnt bzw. sich zusammenzieht; ein bewegliches Teil (5) zur Übertragung eines Hubs des piezoelektrischen Elements nach außen; ein federelastisches Element, welches das bewegliche Teil in eine vorbestimmte Position zurückstellt; ein Gehäuse, welches ein verschiebliches piezoelektrisches Element, das bewegliche Teil und das federelastische Element enthält, wobei an dem Ende des Gehäuses (1) ein Befestigungsflansch ausgebildet ist; und eine Führungsplatte (7), die das bewegliche Teil (5) in axialer Richtung führt und außerdem als Positionierplatte fungiert, wozu die Platte in einer Ausnehmung an der Befestigungsseite des Gehäuses (1) entfernbar angebracht ist.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß ein Isolierelement (23) vorgesehen ist, welches außerdem als Anschlag dient, um das bewegliche Teil (5) in axialer Richtung anzuhalten, wozu das Isolierelement zwischen dem piezoelektrischen Element (4) und der Innenwand des Gehäuses (1) angeordnet ist.

8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Hub-Übertragungselement (20) zum Messen des Hubs an dem beweglichen Teil (5) vorgesehen ist und aus einer Öffnung im Schaft des Gehäuses nach außen vorsteht.

9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Positions-Justiermechanismus (14-19) am Ende des Gehäuses vorgesehen ist, der eine veränderliche Justierung (Grobjustierung und Feinjustierung) zum Festlegen der Lage des beweglichen Teils (5) gestattet.

10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine durch Temperaturschwankungen in der Umgebung hervorgerufene Längenänderung des Gehäuses (1) etwa genauso groß ist wie die Längenänderung des piezoelektrischen Elements (4), indem das Gehäuse (1) teilweise aus einem Material hergestellt wird, welches einen geringeren Wärmeausdehnungskoeffizienten besitzt als das piezoelektrische Element, und teilweise aus einem Material, welches einen höheren Wärmeausdehnungskoeffizienten besitzt als das piezoelektrische Element.

Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Teil des Gehäuses (1) aus einem Keramikmaterial besteht, welches eine höhere Längs-Elastizität als Metall besitzt.

12. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das bewegliche Teil (5) aus einem Material besteht, welches eine höhere Längselastizität besitzt als ein Stahlmaterial.

13. Vorrichtung mit einem piezoelektrischen Element, das sich ansprechend auf eine angelegte Spannung verlängert bzw. verkürzt, gekennzeichnet durch ein bewegliches Teil (113; 123) zum Übertragen eines Bewegungshubs des piezoelektrischen Elements (111; 121) nach außen; ein federelastisches Element (114; 122) zum Zurückstellen des beweglichen Teils in eine vorbestimmte Position, wobei das piezoelektrische Element und das federelastische Element parallel geschaltet sind, um das piezoelektrische Element mit einer konstanten Druckkraft zu beaufschlagen, die durch die Druckkraft des federelastischen Elements erzeugt wird.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß das federelastische Element (114) eine Schraubenfeder ist, und daß sich das piezoelektrische Element (111) innerhalb dieser Schraubenfeder befindet.

15. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß sich außerhalb des piezoelektrischen Elements (121) ein Gehäuse (122) befindet, dessen Seitenwände als das federelastische Element fungieren.

Hierzu 14 Seite(n) Zeichnungen

35

40

45

50

55

60

65

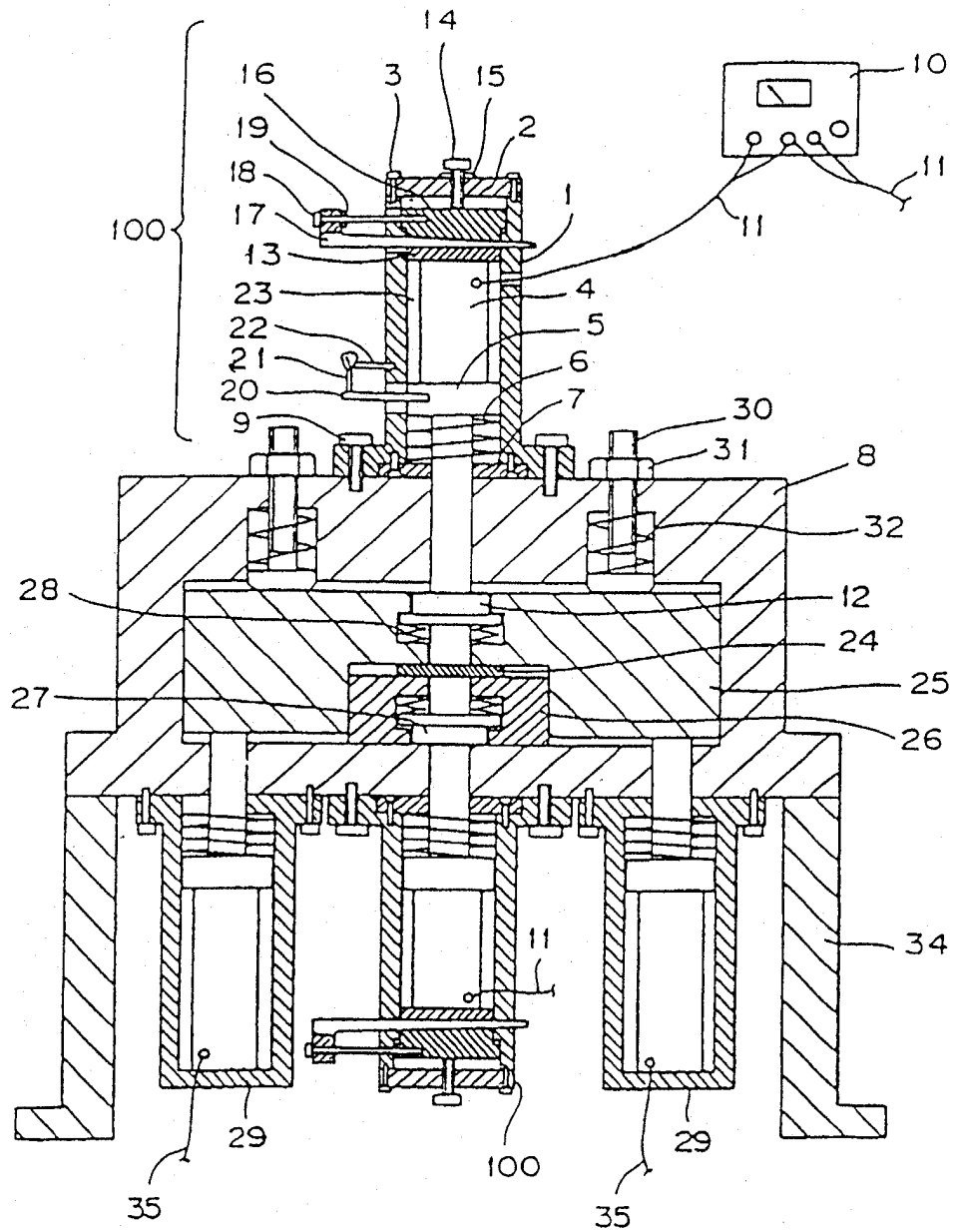


FIG. 1

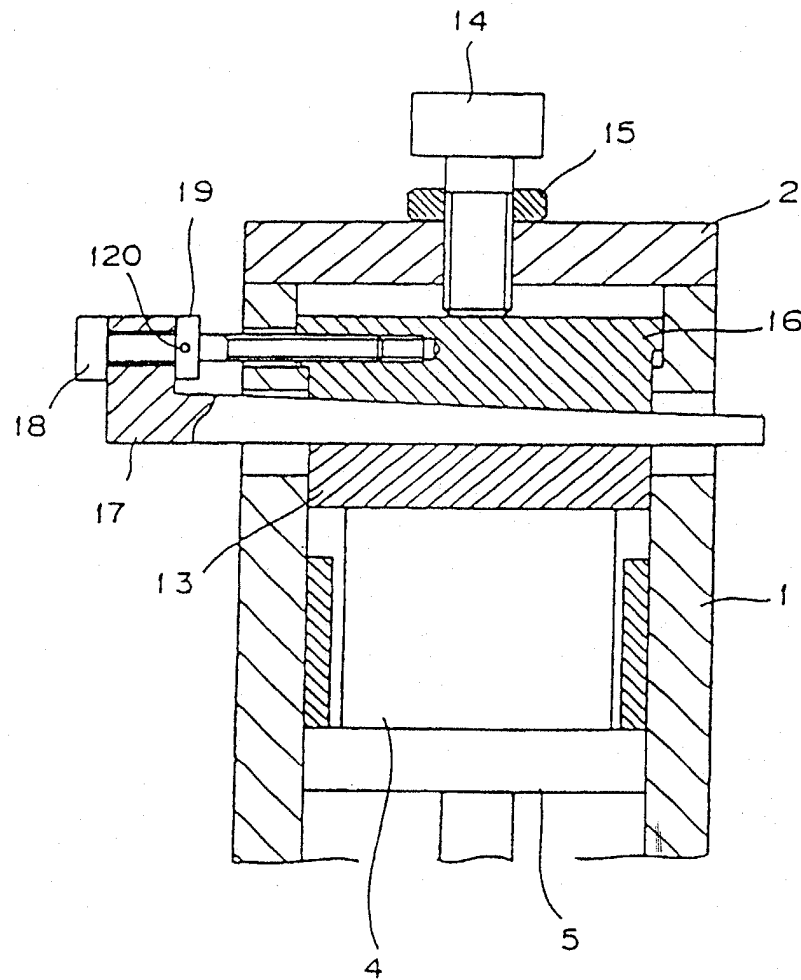


FIG. 2

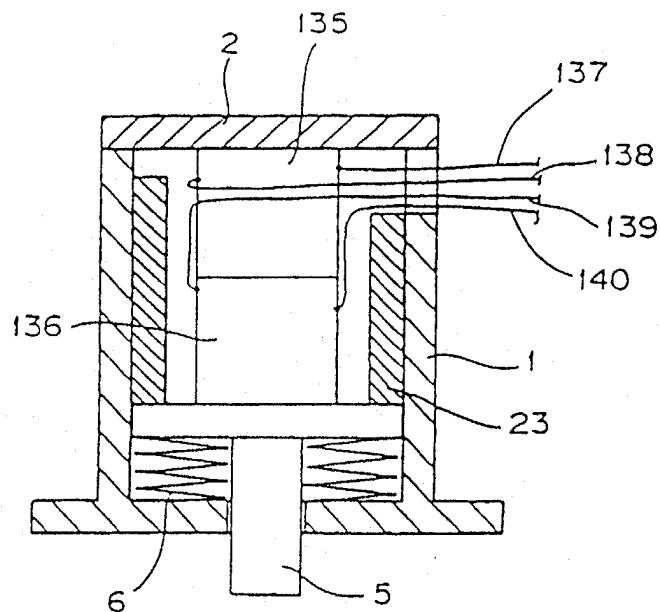


FIG. 3

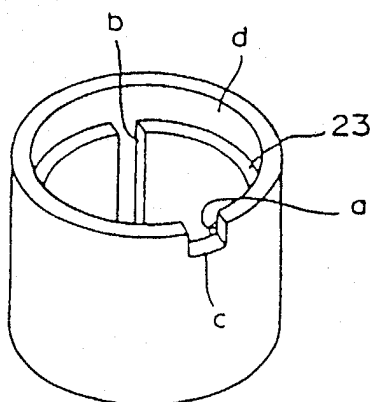


FIG. 4

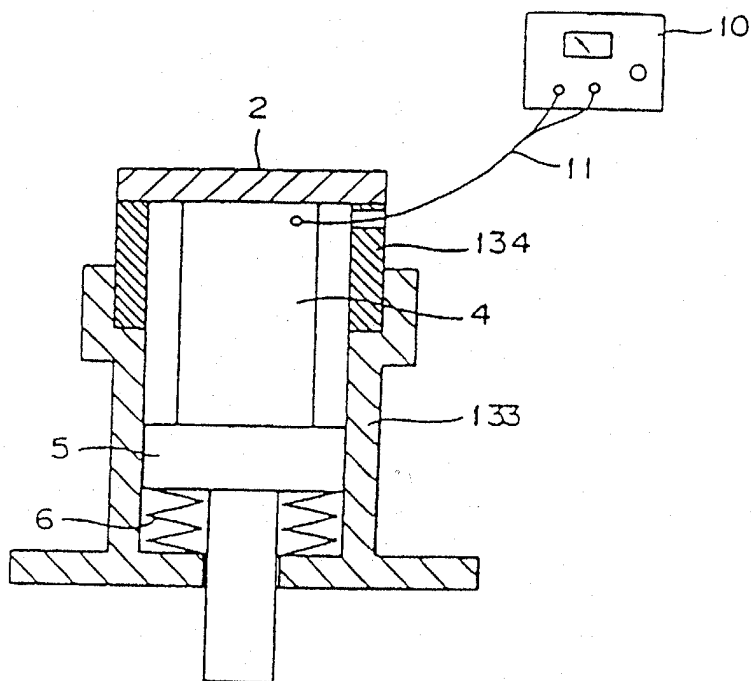


FIG. 5

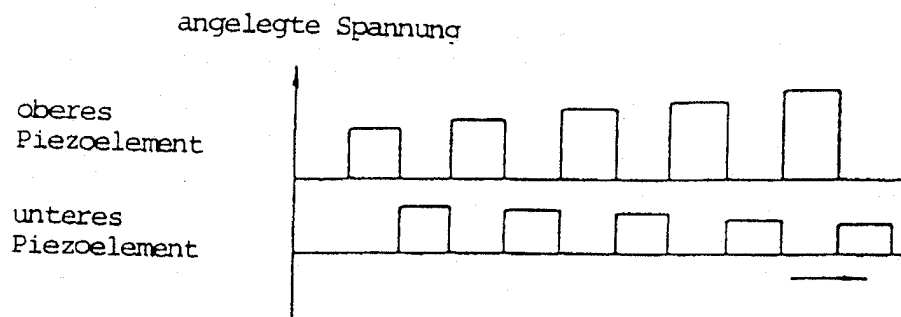


FIG. 6

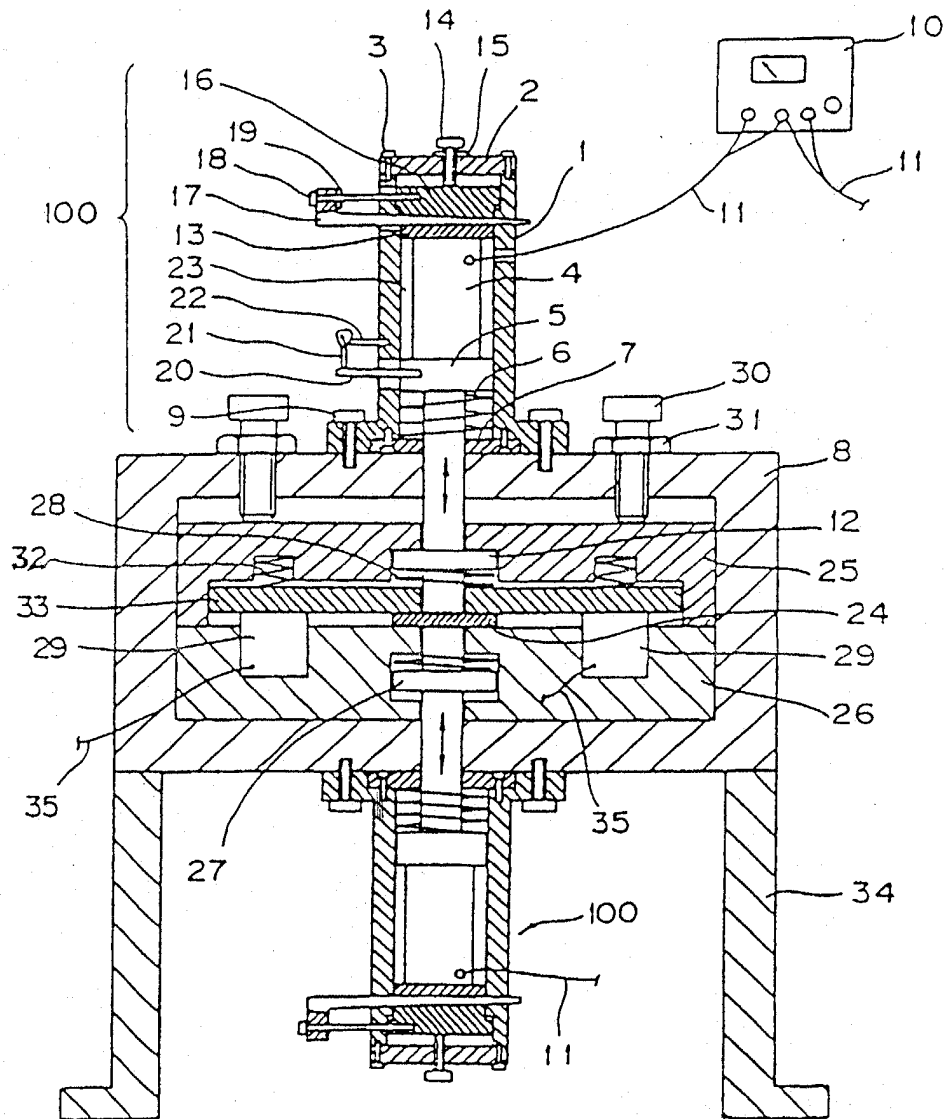


FIG. 7

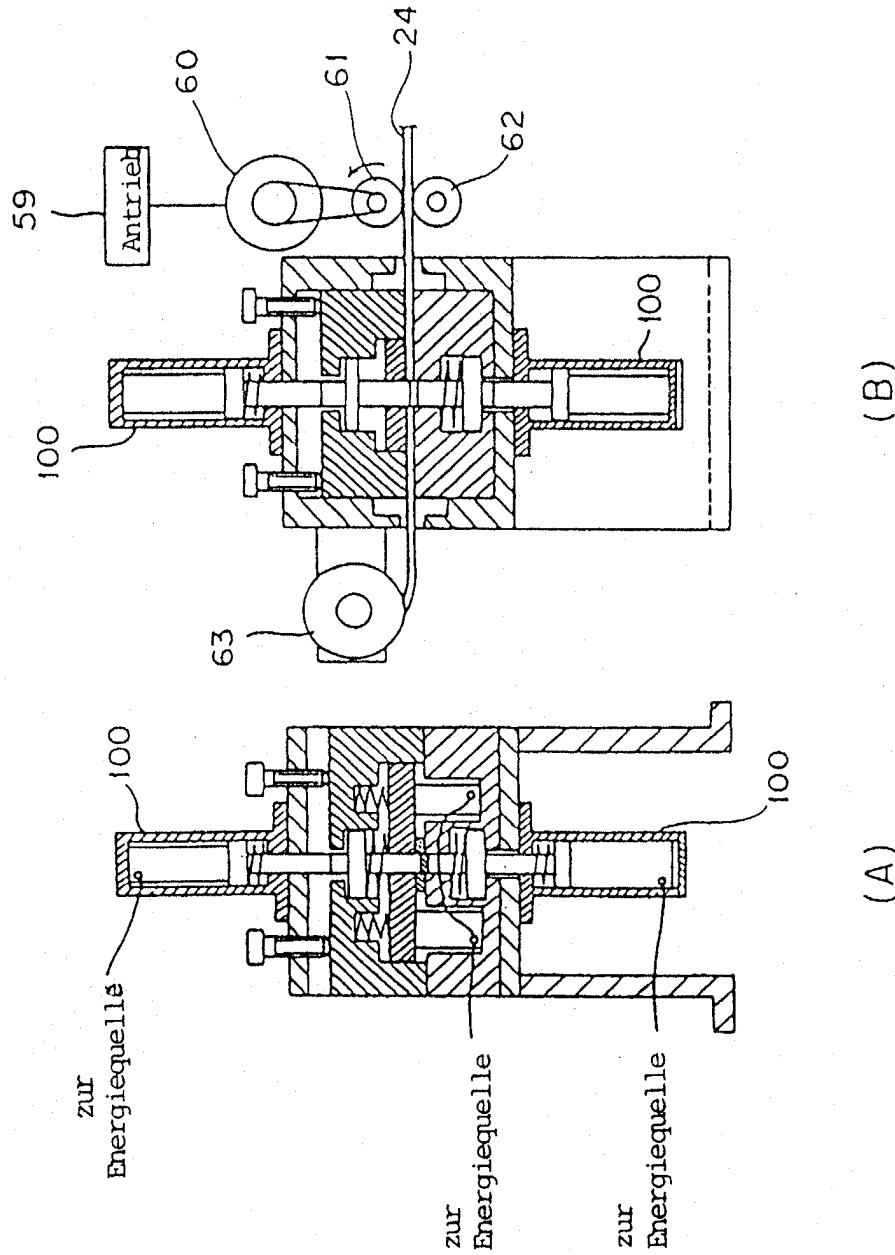


FIG. 8

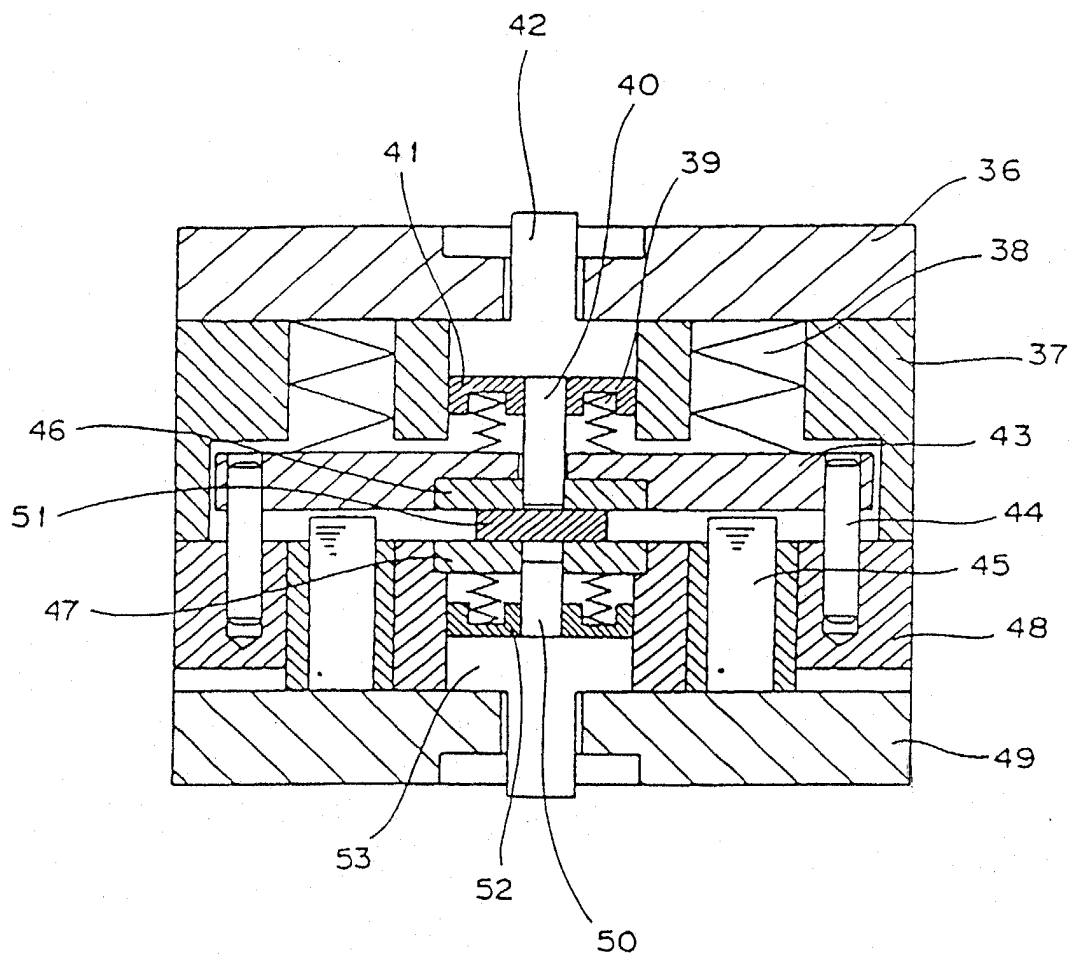


FIG. 9

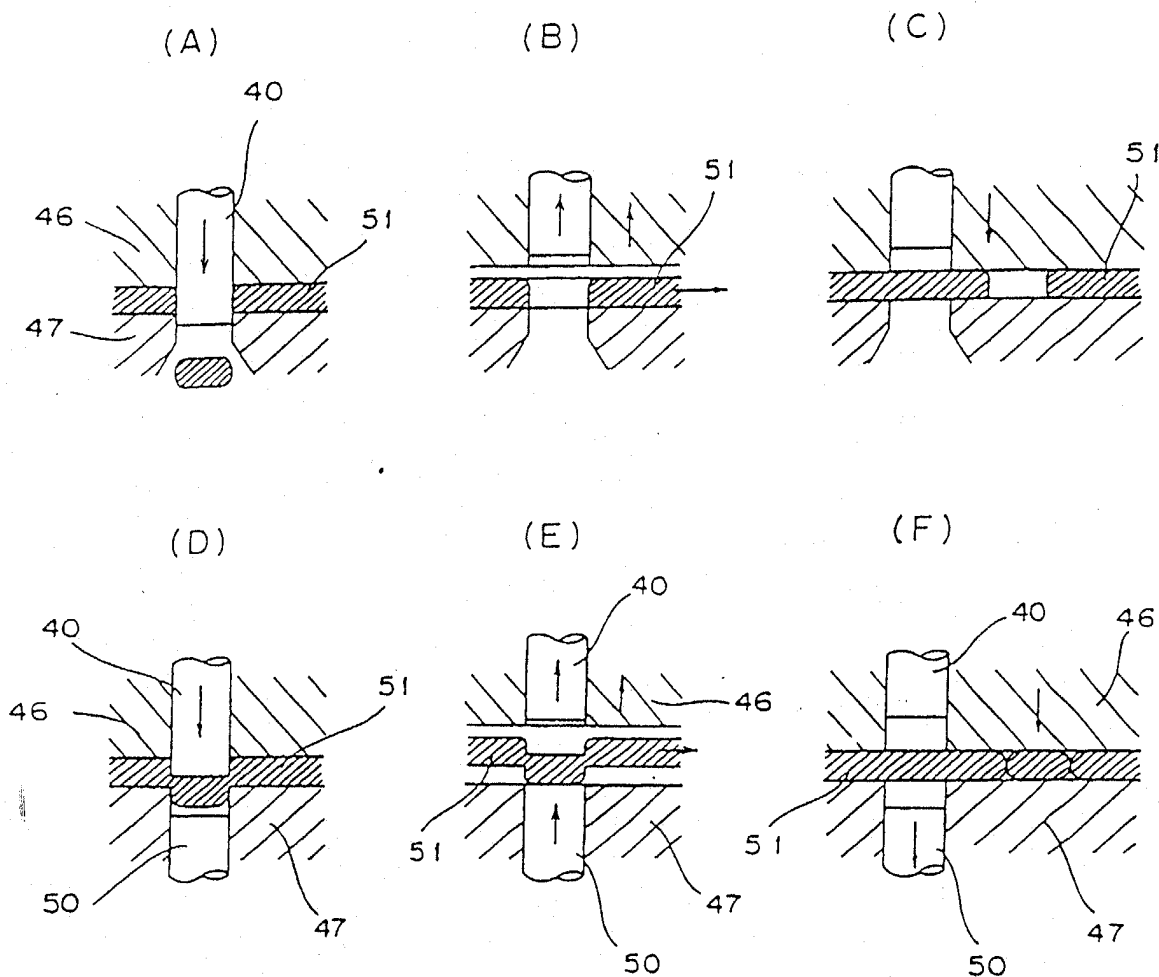


FIG. 10

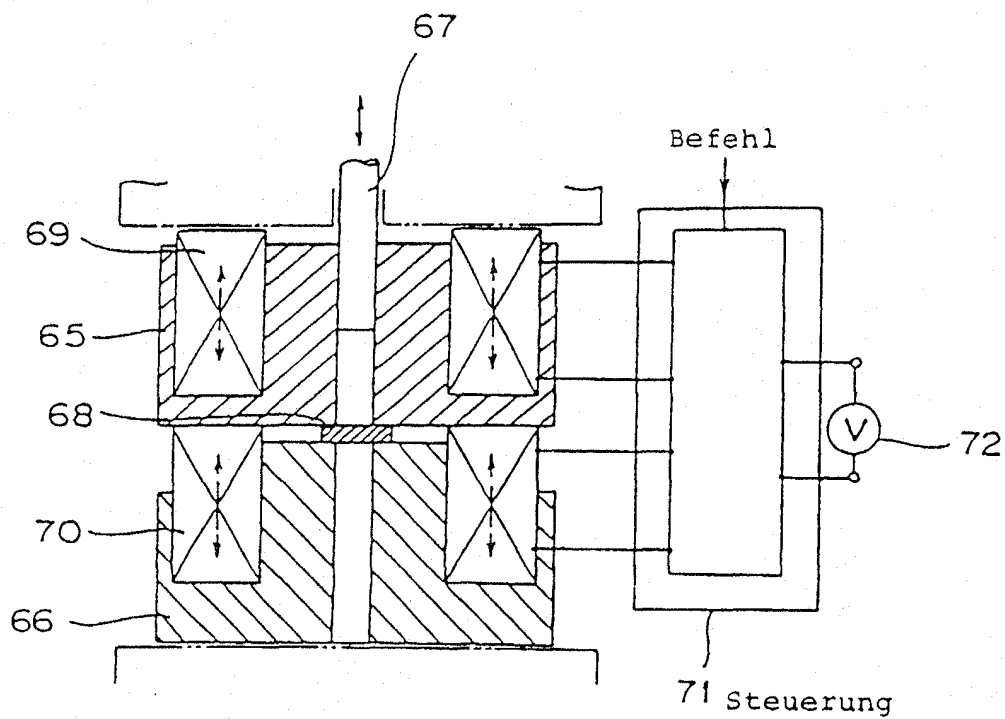


FIG. 11

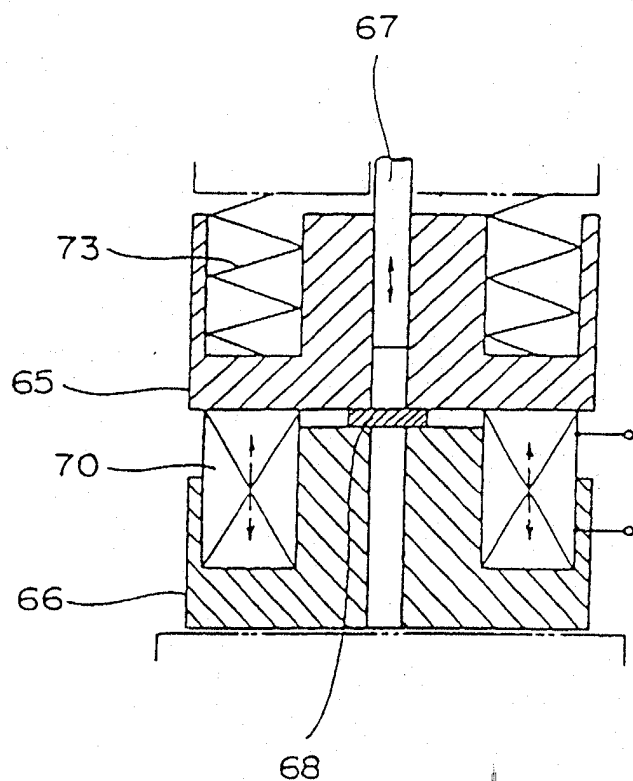


FIG. 12

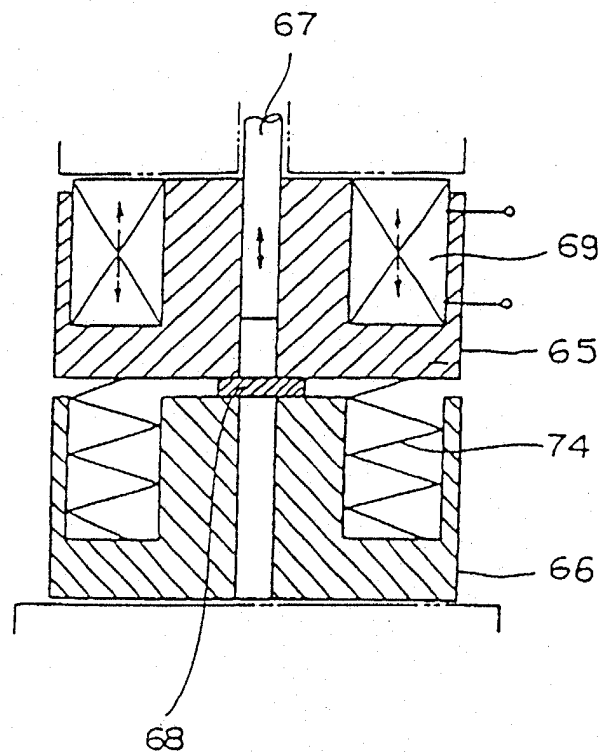


FIG. 13

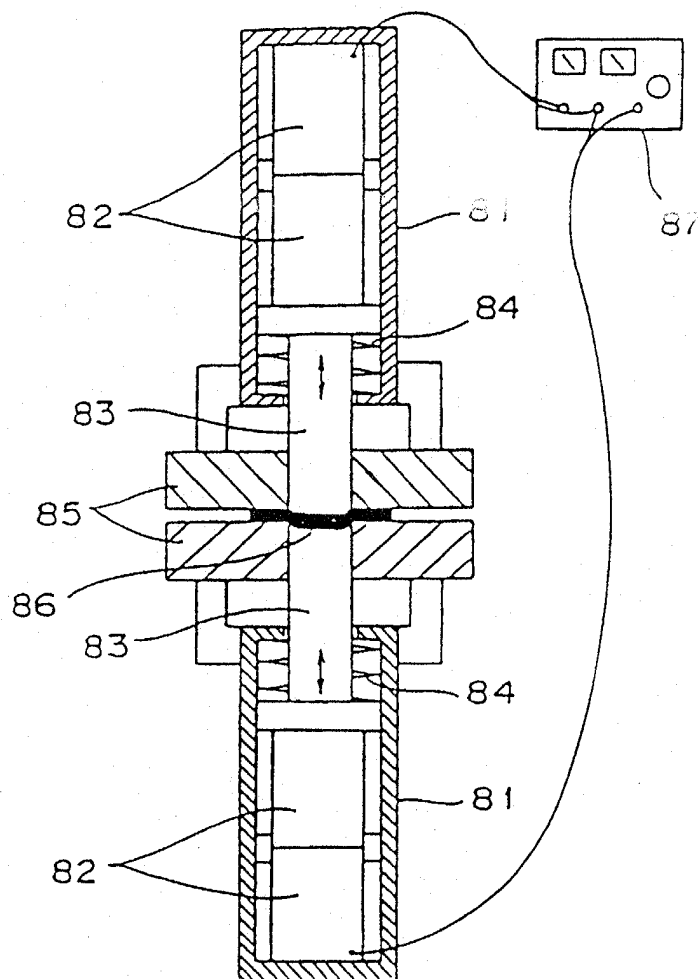


FIG. 14

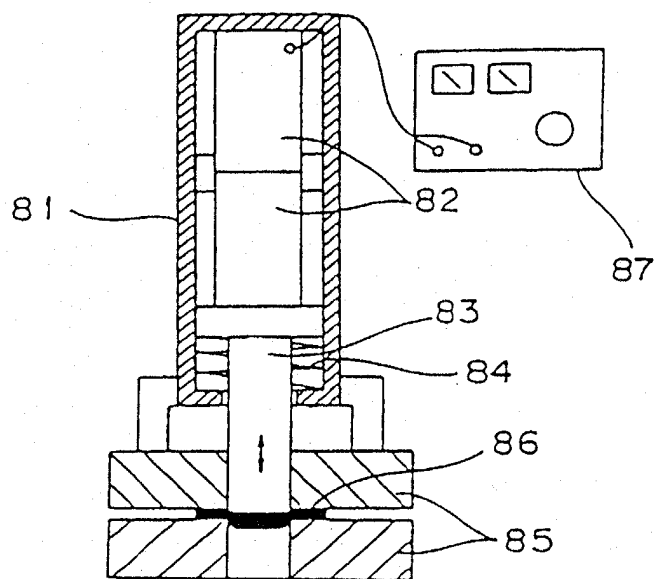


FIG. 15

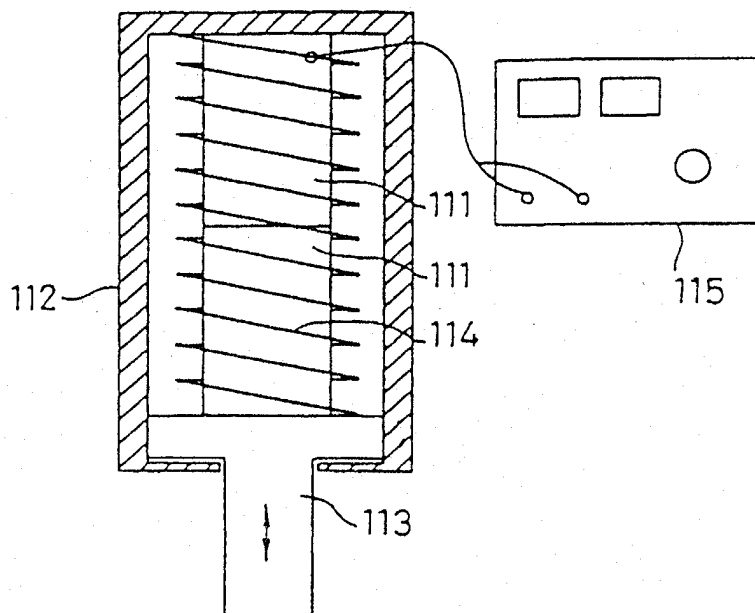


FIG. 16

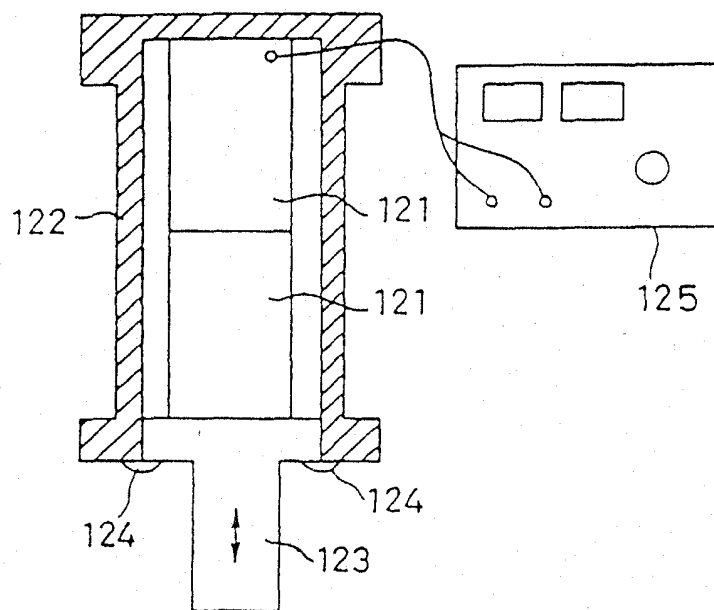


FIG. 17